Über eine neue Untersuchungsmethode für die Gasdiffusion.

Von dem w. M. **Viktor v. Lang.**

1. Der von mir angewandte Apparat um die Diffusion zweier Gase durch poröse Scheidewände zu untersuchen besteht aus zwei Theilen. Der erste ist die Diffusionszelle gebildet aus einer cylindrischen Thonzelle, wie sie zu den Bunsen'schen Elementen verwendet wird. Diese Zelle ist durch eine Messingplatte geschlossen, welche mit Siegellack aufgekittet wird, die Messingplatte ist ferner durchbohrt und über die Öffnung ist ein etwa 10 Centimeter langes, dünnes Metallrohr gelöthet. Es ist zweckmäßig dieses Rohr konisch zu machen, und ich verwendete dazu die Mittelstücke von messingenen Löthrohren, die im Handel sehr billig zu haben sind. Taucht man eine solche Zelle in ein Gas, das specifisch leichter als atmosphärische Luft ist, so strömt das Gas durch die feinen Öffnungen der Zelle rascher hinein, als die Luft heraus: es tritt im Inneren der Zelle eine Volumvermehrung ein, und aus dem Metallrohr wird eine entsprechende Menge des Gasgemisches, das sich gerade im Inneren der Zelle befindet, austreten.

2. Um nun diese Volumvermehrung zu messen, dazu dient der zweite Theil des Apparates, und zwar geschieht hiebei die Messung so, ohne daß der Druck sich ändert, der auf den Inhalt der Diffusionszelle lastet und der eben der jedesmalige Luftdruck ist. Da nun dieser Theil des Apparats obwohl er eigentlich nur aus einer Mariotte'schen Flasche besteht, vielleicht zu ähnlichen Untersuchungen, wo es sich um die Bestimmung des Volumens eines entwickelten Gases handelt von Nutzen sein dürfte, so will ich ihn mit einem eigenen Namen als Gasvolumeter bezeichnen. Ich nehme dazu eine etwas weitere Woulf'sche Flasche mit zwei Hälsen und einen Tubulus unten. Der eine Hals dient dazu die Flasche mit

Wasser zu füllen und wird dann mit einem Kautschukstöpsel luftdicht verschlossen. In den zweiten Hals wird eine etwa 5 Mm. weite Glasröhre „das Zuleitungsrohr“ mit Kork und Sigellack ebenfalls luftdicht eingekittet. Dieses Rohr ist außen unter 90° gebogen, damit der Kautschukschlauch, der daran gesteckt wird, nicht geknickt wird; im Inneren der Flasche endigt es in derselben Höhe wie die untere Öffnung des Röhrenstückes, welches ebenfalls mit Kork und Siegellack in den Tubulus eingekittet wird, und das ich als Ausflußrohr bezeichnen will. Liegen die Öffnungen von Zuleitungs- und Ausflußrohr in derselben Horizontalebene, so fließt kein Wasser aus der Flasche. Dabei befindet sich das Gas in dem Zuleitungsrohr unter dem Luftdrucke, so daß wie die geringste Volumvermehrung v dieses Gases eintritt, Gasblasen aus der unteren Öffnung des Zuleitungsrohres sich entwickeln und sich im oberen Raum der Flasche ansammeln.

Hier steht die Gasmenge v nicht mehr unter dem Luftdrucke L, sondern blos unter dem Druke $L—h$, wenn h die Höhe der Wassersäule über der unteren Öffnung des Zuleitungsrohres bedeutet. Das Volumen v ist alo größer geworden und ist jetzt $v \frac{L}{L—h}$, so daß dies die Wassermenge gibt, welche gleichzeitig aus der Flasche durch das Ausflußrohr auslaufen muß. Wägt man also die Wassermenge M in Grammen, so gibt $M - \frac{Mh}{L} = v$ die Volumvermehrung in Kubikcentimeter bei dem herrschenden Luftdruck L. Die an M anzubringende Correction $\frac{Mh}{L}$ ist immer klein, und kann bei geringerer Genauigkeit ganz vernachlässigt werden, für Wasser ist nämlich der normale Luftdruck $L = 1030$ Ctm. also gegen das Product Mh meist sehr groß.

Zu bemerken ist noch bezüglich der Construction des Gasvolumeters, daß das Zuleitungsmeter unten schief abgeschnitten ist, damit auch schon kleine Gasblasen aufsteigen können. Das Ausflußrohr ist nicht ganz horizontal, sondern am Ende schwach gebogen, aber horizontal abgeschliffen, um zu vermeiden, daß das ausfließende Wasser längs dem Rohre laufe.

3. Die Anstellung eines Diffussionsversuches etwa mit Leuchtgas geschieht nun auf folgende Weise. Man verbindet das Zuleitungs-

rohr des Gasvolumeters mit dem Metallrohre der Diffusionszelle durch einen etwa 1 Meter langen und innen etwa 4 Mm. weiten Kautschukschlauch. Das Leuchtgas lässt man von unten und oben in eine Glocke aus Glas oder Papier strömen, in welche man nun von unten die Diffusionszelle einführt. Alsogleich entwickeln sich im Volumeter Gasblasen und Wasser fließt aus; die Gasentwicklung wird schwächer und schwächer und hört endlich ganz auf. Dann nimmt man das Gefäß in welchen das ausfließende Wasser aufgefangen wurde weg. Will man nun die Diffusionszelle aus dem Leuchtgase herausziehen, so muß man gleichzeitig den Kautschukschlauch gasdicht zusammenpressen und dann sofort von der Zelle losmachen. Dies ist nothwendig damit nicht das Wasser aus der Flasche zurückgesaugt wird, die Zelle ist nämlich jetzt mit Leuchtgas gefüllt, und an der Luft stömt dieses schneller aus als die Luft in die Zelle dringt. Würde aber die Zelle naß werden, so wäre sie natürlich unbrauchbar, ja es ist schon unangenehm, wenn Wasser in den Kautschukschlauch dringt.

Eine mit Nr. 3 bezeichnete Diffusionszelle gab nun am 23. März Vormittag bei vier aufeinander folgenden Versuchen die Wassermengen

74 Grm.
81
82
81·5.

Die Wasserhöhe in den Volumeter war dabei 7 Ctm. Der erste Versuch gab ersichtlich eine viel zu kleine Zahl; diese Erscheinung wiederholt sich aber fast immer sobald die Zelle längere Zeit nicht gebraucht wurde, vielleicht daß der in den Poren der Zelle condensirte Wasserdampf erst durch das Leuchtgas weggeschafft werden muß? Es ist daher gut vor jedem Versuche die Zelle ein paar Mal ohne Verbindung mit dem Volumeter in das Leuchtgas zu tauchen und nach einiger Zeit wieder herauszunehmen. Ist aber die Zelle einmal in den Stand gesetzt, so kann man nach wenigen Minuten den Versuch mit derselben wiederholen. Man kennt leicht ob schon alles Leuchtgas aus der Zelle entwichen und sie für einen neuen Versuch in den Stand gesetzt ist, wenn man sie mit dem Volumeter verbindet, und kein Zurücksaugen des Wassers mehr stattfindet.

Die drei letzten der früheren Versuche geben als Mittel 81·5 Grm., die Correction wegen der Wasserhöhe beträgt $\frac{81 \cdot 5 \times 7}{1000} = 0 \cdot 6$ wenn wir näherungsweise $L = 1000$ setzen. Somit ist die richtige Volumvermehrung $81 \cdot 5 - 0 \cdot 6 = 80 \cdot 9$.

Nachdem das Volumeter ganz mit Wasser angefüllt worden war, betrug die Höhe des letzteren 21 Ctm., die Volumvermehrung bei drei aufeinander folgenden Versuchen

	83·5	
	82	
	83	
Mittel..	82·8	
Correction	1·7	$= \frac{82 \cdot 8 \times 21}{1000}$
Volumvermehrung	81·1.	

Die Übereinstimmung der beiden Versuchsreihen ist also sehr befriedigend.

4. Da offenbar ein Zusammenhang zwischen der Volumsvermehrung und dem Inhalte der angewandten Diffusionszelle besteht, so habe ich den Inhalt V aller benutzten Zellen bestimmt. Es geschah dies dadurch, daß dieselben bevor die Metallplatte aufgekittet war mit Quecksilber angefüllt wurden. Das überschüssige Quecksilber wurde durch eine daraufgelegte Glasplatte entfernt, und das Volumen des Quecksilbers mittelst einer kubicirten Röhre bestimmt. Ich erhielt so für fünf Zellen

Nr.		
Nr. 1	$V =$	166·5 CC.
2		147·9
3		144·2
4		68·7
5		208·7.

Bis auf Nr. 3 waren die Zellen alle aus ein und derselben Fabrik, Nr. 3 stammt noch aus der nunmehr aufgelassenen Berliner Staatsfabrik.

Die nachfolgenden Versuche ergeben aber mit sehr großer Wahrscheinlichkeit, daß die Volumsvermehrung proportional dem Inhalte der Diffusionszelle ist.

5. **Versuche mit Leuchtgas.** Bei dem eben beschriebenen Versuche mit Zelle Nr. 3 betrug die relative Volumvermehrung, oder die auf das Volumen 1 reducirte Vermehrung im Mittel

$$\frac{v}{V} = \frac{81 \cdot 1}{144 \cdot 2} = 0 \cdot 562.$$

Am selben Tage wurden mit der Zelle Nr. 4 folgende Resultate erhalten:

Nr. 4.	Wassermenge	38·5 Grm.	Wasserhöbe 19 Ctm.
		39	
		38·5	
		38·7	
	Mittel........	38·7	
	Correction ...	0·7	
	Volumvermehrung	38·0, $\frac{v}{V} = 0 \cdot 553.$	

Am 2. April erhielt ich für dieselben zwei Zellen:

9 Uhr Früh.

Nr. 4.	Wassermenge	36·2 Grm.	Wasserhöhe 14·7 Ctm.
		38·3	
		39·3	
	Mittel.........	39·2	
		38·9	
		39·1	
		0·6	
		38·5, $\frac{v}{V} = 0 \cdot 560.$	
Nr. 3.	Wassermenge ..	82·8 Grm.	Wasserhöhe 13·5 Ctm.
		82·7	
		84·0	
		84·0	
	Mittel	83·4	
		1·1	
		82·3, $\frac{v}{V} = 0 \cdot 571.$	

1 Uhr Nachmittag.

Nr. 4. Wassermenge 38·7 Wasserhöhe 12·3 Ctm.

38·5
38·6

Mittel 38·6
0·5

38·1, $\frac{v}{V} = 0·555$.

Nr. 3. Wassermenge 80·5 Wasserhöhe... 11 Ctm.

81
80·5
81·7
81·5
82·8

Mittel 81·3
0·9

80·4, $\frac{v}{V} = 0·558$.

7 Uhr Abends.

Nr. 4. Wassermenge 37·7 Wasserhöhe.. 9·5 Ctm.

38·3
38·2
38·5

Mittel 38·3
0·4

78·9, $\frac{v}{V} = 0·552$.

Nr. 3. Wassermenge 78·8 Wasserhöhe 8 Ctm.

78·4
79
78·8

Mittel 78·8
0·6

78·2, $\frac{v}{V} = 0·542$.

Am 4. April 7 Uhr Abends gaben diese zwei Zellen:

Nr. 4.	Wassermenge	37·2	Wasserhöhe . .	4·5 Ctm.
		37·6		
		37·9		
		37·0		
	Mittel	37·4		
		0·2		
		37·2, $\frac{v}{V} = 0·541$.		

Nr. 3.	Wassermenge	78·6	Wasserhöhe	4·5 Ctm.
		78·3		
		77·8		
		78·0		
		78·0		
	Mittel	78·1		
		0·4		
		77·7, $\frac{v}{V} = 0·539$.		

Für die beiden Zellen Nr. 4 und Nr. 5, welche aus derselben Fabrik stammen erhielt ich aber am 25. März Vormittag:

Nr. 5.	Wassermenge	116	Wasserhöhe	14
		116·8		13·5
		116·2		13
	Mittel	116·3		13·5
		1·6		
		114·7, $\frac{v}{V} = 0·550$.		

Nr. 4.	Wassermenge	38·5	Wasserhöhe	16 Ctm.
		38·8		
		38·5		
	Mittel	38·6		
		0·6		
		38·0, $\frac{v}{V} = 0·553$.		

5. Aus dem Umstande, daß, wie die vorangehenden Zahlen beweisen, die Volumvermehrung proportional dem Volumen ist, läßt sich schon vielleicht der Schluß ziehen, daß dieselbe unabhängig ist von der Oberfläche der Diffusionszelle und bloß von der Dichte des angewandten Gases abhängt. Durch theoretische Betrachtungen, welche jedoch nicht ganz von allen Bedenken frei sind, bin ich auf eine Formel für die relative Volumvermehrung gekommen, welche mit den Beobachtungen recht gut zu stimmen scheint.

Bedeutet nämlich S die Dichte des Gases in der Zelle, s die Dichte des Gases, in welche die Zelle getaucht wird, so ist

$$\frac{v}{V} = \frac{1}{4}\left[1 + \left(\frac{S}{s}\right)^{1/2}\right]^2 - 1.$$

Indem ich mir die Veröffentlichung der theoretischen Betrachtungen vorbehalte, die mich auf diese Formel geführt haben, will ich nur für ihre Bestätigung noch einige mit Leuchtgas und Kohlensäure angestellte Versuche anführen.

6. Versuche mit Leuchtgas. Im Laboratorium des Prof. Hlasiwetz wird an bestimmten Tagen die Güte des Leuchtgases untersucht, welches zur Beleuchtung von Wien verwendet wird. Hiebei wird auch die Dichte desselben bestimmt, und zwar nach der von Bunsen angegebenen Methode mit dem für solche technische Untersuchungen construirten Apparate von Blochmann. Gleichzeitig und an denselben Orte wurde nun auch die Volumvermehrung bei der Diffusion von Leuchtgas und atmosphärische Luft, und zwar mit der Diffusionszelle Nr. 2 bestimmt und so nachfolgende Resultate erhalten. Die Angabe über die Dichte (s) des Leuchtgases verdanke ich Herrn Heim, welcher die angegebenen Versuche zur Prüfung des Gases schon seit langer Zeit am hiesigen polytechnischen Institute ausführt. Die Dichte (S) des Gases in der Diffusionszelle ist natürlich gleich 1.

4. März $s = 0 \cdot 453$, $\frac{v}{V} = 0 \cdot 544$ berechnet.

Nr. 2. Wassermenge $\frac{243 \cdot 6}{3} = 81 \cdot 2$ Grm. Wasserhöhe 14 Ctm.

$\frac{242 \cdot 7}{3} = 80 \cdot 9$

Mittel $81 \cdot 05$

$1 \cdot 23$

$79 \cdot 8$, $\frac{v}{V} = 0 \cdot 540$ beobachtet.

9. März $s = 0 \cdot 456$, $\frac{v}{V} = 0 \cdot 539$ berechnet.

Nr. 2. Wassermenge 80·5 Grm. Wasserhöhe . . 18 Ctm.

81·5

81·0

81·0

Mittel. 81·0

1·5

$79 \cdot 5$, $\frac{v}{V} = 0 \cdot 538$ beobachtet.

7. Versuche mit Kohlensäure. Bei diesen Versuchen muß natürlich die Diffusionszelle zuerst mit Kohlensäure angefüllt werden, dann nachdem sie mit dem Volumeter in Verbindung gesetzt ist an die Luft gebracht werden. Die Füllung mit Kohlensäure geschah dadurch, daß man die in einer Woulf'schen Flasche entwickelte Kohlensäure durch ein Kautschukrohr in einen hohen Cylinder leitete, welcher die Diffusionszelle enthielt. Bringt man die Zelle hiebei in Verbindung mit dem Volumeter, so erkennt man an dem Zurücksaugen des Wassers im Zuleitungsrohr, ob die Zelle schon ganz mit Kohlensäure gefüllt ist oder nicht. Es bleibt aber immer zu fürchten, daß noch nicht alle Luft ausgetrieben ist, daher auch diese Versuche vielleicht weniger genau sind als die nach der früheren Methode mit specifisch leichteren Gasen angestellten. Für den hier betrachteten Fall ist $s = 1$, S aber abhängig vom Barometerstand; für 760 Mm. ist $S = 1 \cdot 529$. Die Temperatur der Kohlensäure ist nicht zu berücksichtigen da auch die Luft dieselbe Temperatur hat; um dies

zu erreichen ist es vielleicht gut die entwickelte Kohlensäure zur Abkühlung noch durch eine Flüssigkeit zu leiten. Noch muß ich erwähnen, daß vielleicht durch die Absorption der Kohlensäure durch das Wasser des Volumeters die Volumvermehrung etwas zu klein ausfällt. Die erhaltenen Resultate sind nun, die Barometerstände auf 0° reducirt, folgende:

26. März, Barometer 742 Mm.

$$S = 1\cdot493,\ \frac{v}{V} = 0\cdot234 \text{ berechnet.}$$

Nr. 4. 16 Grm. Wasserhöhe 11·5 Ctm.

16

Mittel . 16

0·2

15·8, $\frac{v}{V} = 0\cdot230$ beobachtet.

29. März, Barometer 747·6 Mm.

$$S = 1\cdot504,\ \frac{v}{V} = 0\cdot239 \text{ berechnet.}$$

		Wassermenge	Waserhöhe
Nr. 5.	Wassermenge.	44 Grm.	7·5 Ctm.
		46·2	7
		48·8	7
	Mittel	47·3	6·5
		47·2	6·3
		47·8	6·6
		0·3	
		47·5, $\frac{v}{V} = 0\cdot233$ beobachtet.	

Nr. 4. Wassermenge.. 13·3 Grm. Wasserhöhe 6 Ctm.

Mittel........ {17·0, 16·4, 16·9}

16·8

0·1

16·7, $\frac{v}{V} = 0\cdot243$ beobachtet.

4. April, Barometer 755·1 Mm.

$$S = 1\cdot519\ \frac{v}{V} = 0\cdot246 \text{ berechnet.}$$

Nr. 4. Wassermenge. 17·5 Grm. Wasserhöhe. 6·5 Ctm.

16·5
16·2
16·0
16·5

Mittel .... 16·5
0·1

16·4, $\frac{v}{V} = 0\cdot239$ beobachtet.

Nr. 3. Wassermenge. 36·0 Grm. Wasserhöhe. 6·5 Ctm.

34·8
36·8
35·2

Mittel .... 35·7
0·2

35·5, $\frac{v}{V} = 0\cdot246$ beobachtet.